Aportacions al coneixement geomòrfic de l'illa de sa Dragonera (Illes Balears, Mediterrània Occidental)

Pau BALAGUER

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS

Balaguer, P. 2002. Aportacions al coneixement geomòrfic de l'illa de sa Dragonera (Illes Balears, Mediterrània Occidental). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 45: 125-136. ISSN 0212-260x. Palma de Mallorca.

Els principals trets geomòrfics de l'illa de sa Dragonera estan fortament influenciats per l'estructura en forma d'encavalcaments, que és la mateixa amb la que s'organitza la Serra de Tramuntana. A sa Dragonera, els principals dominis morfogenètics són: l'estructural, el fluvio-torrencial, el gravitacional, el càrstic, el marí i l'antròpic. Els dominis més importants són l'estructural i el marí, el primer condiciona les principals característiques fisiogràfiques a partir de l'organització de la fracturació i distribució dels materials, i el segon intervé de forma activa en la configuració dels diferents tipus de costa que trobem a l'illa. El domini fluvio-torrencial te un caràcter relicte amb conques de drenatge de dimensions discretes, el domini gravitacional es basa amb els processos d'esllavissament que adquireixen una dimensió important degut al fort pendent que presenta l'illa. La naturalesa calcària de l'illa permet el desenvolupament del modelat càrstic; les manifestacions exocàrstiques solen correspondre amb reactivacions de morfologies pròpies de criptiolapiaz exhumades, i l'endocarst també es manifesta en forma de cavitats amb un marcat desenvolupament vertical.
Paraules clau: *geomorfologia, sa Dragonera, Andratx, Illes Balears.*

CONTRIBUTIONS TO THE GEOMORPHOLOGIC KNOWLEDGE OF SA DRAGONERA ISLET (BALEARIC ISLANDS). The geomorphological characteristics of Sa Dragonera Island are strongly influenced by the geological structure, which follows the same pattern described elsewhere for the vicine Mallorcan Serra de Tramuntana. The morphological domains described in Sa Dragonera are: the structural, the stream, the gravitational, the karstic, the marine and the anthropic. The most important domains are the structural and the marine: the former exert its influence through the fractures organisation and the distribution of the different lithologies whereas marine processes supervise the distribution of different coast types. The stream domain consists of small drainage basins whereas the gravitational domain consist of rocklslides and slumps due to large slope angles at Sa Dragonera. Because of the predominant calcareous lithology fo the island, the karstic domain is developed: the exokarst consist of reactivations of exhumated cryptokarren morphologies and the endokarst consist of vertical cavities.
Keywords: *geomorphology, sa Dragonera, Andratx, Balearic Islands.*

Pau BALAGUER, Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Cra Valldemossa, km 7,5. 07071, Palma de Mallorca. vdctpbh4@uib.es

Recepció del manuscrit: 06-ago-02; revisió acceptada: 24-des-02.

Introducció

L'illa de sa Dragonera es troba a l'extrem SW de Mallorca i des del punt de vista de la geologia, constitueix la part més meridional i occidental de la Serra de Tramuntana. Sa Dragonera té una forma allargada amb una longitud màxima de 4.200 m sobre un eix de direcció SW - NE, la seva amplada mitjana és de 700 m aproximadament. El límit septentrional i oriental el constitueix el Cap de Tramuntana i el límit meridional i occidental es troba al Cap de Llebeig (Fig. 1). Es troba separada de Mallorca per es Freu que té una distància de 800 m a la seva part més estreta, entre el Cap de Tramuntana i s'Enfront (Terme Municipal d'Andratx, Mallorca) i de 3.600 m a la part més distant entre el Cap de Llebeig i Punta Galinda (Terme Municipal d'Andratx, Mallorca). Sa Dragonera ofereix un aspecte de rampa degut a la disposició dels materials que la conformen, organitzada d'acord amb l'estructura d'encavalcaments presents a tota la Serra de Tramuntana.

Marc físic

Litologia

La major part dels materials que trobem a sa Dragonera són d'edats compreses entre el Secundari i Terciari. Els materials del Quaternari es limiten a dipòsits de bretxes amb una matriu calcarenítica vermella i a petites acumulacions d'eolianites que trobem a l'extrem nordoriental de l'illa (Fornós *et al.*, 1996).

Els materials secundaris són els més predominants i estan constituïts per calcàries i dolomies. La major elevació es troba a l'extrem Sudoccidental al Puig del Far Vell, amb una altura de 310 m que va minvant cap als sectors meridional (113 m al Cap de Llebeig), septentrional (80 m al Cap de Tramuntana) i oriental on la línia de costa passa a tenir penya-segats d'altures més moderades i diferents tipologies de costes baixes. La baixa altura que presenten les costes de la vessant oriental, en comparació amb les grans altures que trobem a la vessant occidental, ha estat aprofitada per a construir el port i assentaments humans que habitaren l'illa durant temps històrics.

Els materials terciaris tenen un menor pro-

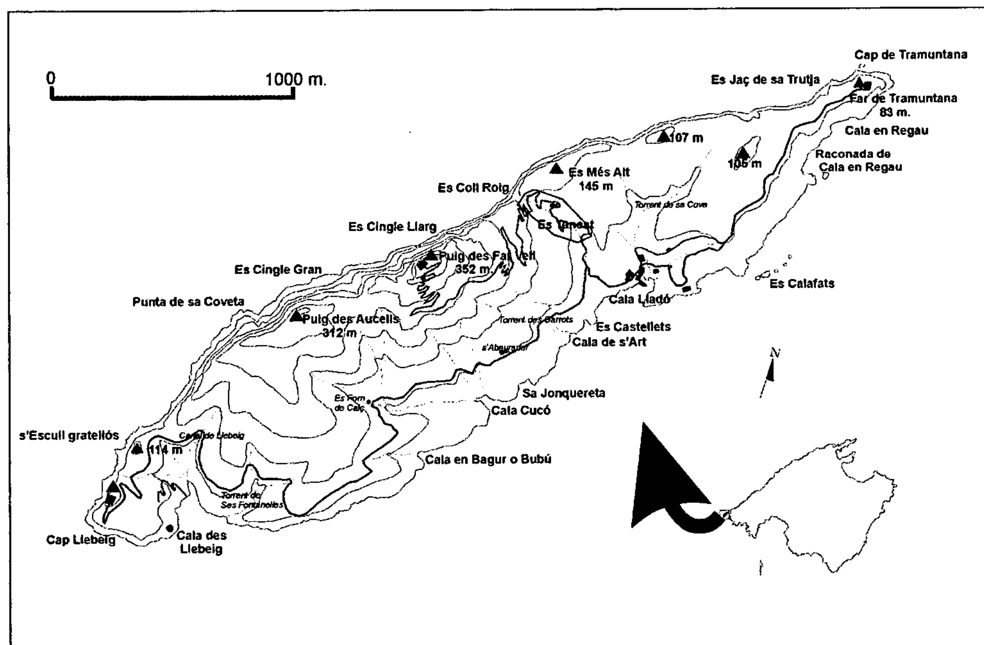


Fig. 1. Mapa toponímic de sa Dragonera.
Fig. 1. *Place names of sa Dragonera.*

tagonisme que els anteriors i els solem trobar a la vessant oriental, es tracta de materials de menor duresa que els Secundaris i estan bàsicament formats per conglomerats, arenisques, margues i calcàries.

La litologia que trobem a sa Dragonera és majoritàriament carbonatada tractant-se principalment de calcàries i dolomies. A partir de l'estudi de la geologia de l'illa realitzat per Fornós *et al.* (1996) sabem que els materials més antics són els corresponents al Retià o Infralias, trànsit entre el Triàsic i Juràssic (220 M.A.), aquests materials conformen aproximadament les tres quartes parts de l'illa i estan constituïts per dolomies margoses que evolucionen cap al sostre a dolomies massives. Sobre aquests i amb un contacte concordant es disposen els materials corresponents al Lias, Juràssic Inferior, (210 M.A.) que estan constituïts per paquets de bretxes calcàries a la base que evolucionen a calcàries grises amb presència de laminacions estromatolítiques, la seqüència acaba amb uns nivells calcaris de poca potència amb grans de quars i que donen lloc a sòls endurits o *hardgrounds*. Els materials corresponents al Lias constitueixen els relleus més elevats de l'illa, trobant-se a les parts superiors del Puig del Far Vell i Puig dels Aucells. Els materials corresponents al Dogger, Juràssic Mitjà (180 M.A.) es disposen de forma discordant sobre els anteriors i estan constituïts per calcàries micrítiques i margocalcàries. Aquests únicament es localitzen a la vessant septentrional del Puig del Far Vell. El Juràssic Superior o Malm (160 M.A.) es disposa de forma progressiva i concordant sobre els materials anteriors, aquests estan formats per calcàries vermelloses alternant-se amb nivells nodulosos. Amb un contacte discordant i erosiu es troben els materials terciaris corresponents a l'estadi inicial del Miocè, Aquitanià-Burdigalià (25 M.A.), aquests es localitzen a la costa oriental de l'illa i es divideixen en dues zones, la primera és la compresa entre Cala en Regau i Cala Lladó i la segona es troba entre Ses Fontanelles i Cala en Bagur, estan constituïts per bretxes, conglomerats i calcarenites bioclàstiques formen part de la Unitat Calcarenítica de Sant Elm (Rodríguez-Perea i Pomar, 1983). Els següents materials i disposats de forma discordant i erosiva són dipòsits de margues de caràcter turbidític del Burdigalià, Miocè Inferior (22 M.A.) i formen part de la Unitat Turbidítica de Banyalbufar (Rodríguez-Perea, 1981). Aquests es disposen a un corredor existent entre Cala en Regau i Cala Lladó. Els següents materials que es troben, en forma d'afloraments puntuals, són els corresponents al Quaternari i estan formats per dipòsits de bretxes amb matriu vermellosa que reomplen petites depressions i un petit dipòsit de calcarenites que es troba a la part nordoriental de l'illa.

Estructura

Tota l'illa pot ésser considerada com a una escata d'encavalcament, dirigida cap el NW, com les que podem trobar al llarg de tota la Serra de Tramuntana, per aquesta raó, sa Dragonera presenta una costa espadada al sector septentrional i una costa baixa al sector meridional. Els encavalcaments condicionen la disposició i morfologia de l'illa, fet que explica el seu cabussament cap al SE. La línia de costa de sa Dragonera segueix l'orientació i les traces marcades per la fracturació present als materials que la conformen, així ho demostren els diferents entrants i cales localitzats a la costa oriental. Són uns bons exemples Cala Lladó condicionada per una falla entre els materials Terciaris i Secundaris i les cales d'en Cucó i en Bagur condicionades per fractures entre els mateixos materials Secundaris. La costa septentrional està constituïda per penya-segats, que responen a la presència d'un pla de falla, on la màxima altura assolida concideix amb la major altura de l'illa.

Climatologia

El clima de sa Dragonera té les mateixes característiques que el que es manifesta al llarg de les Illes Balears, una variant insular del clima mediterrani. Els valors mitjans anuals de precipitació i temperatura de l'illa, extrets a partir dels valors mensuals per al període 1961 - 1980 (Guijarro, 1986) són de 412 mm/any i 17,3°C.

L'estiu es caracteritza per presentar un mínim de precipitacions juntament amb els màxims de temperatura, aquesta relació es fa palesa durant els mesos de juny i juliol amb valors mitjans de precipitació de 9,6 mm i 3,5

mm respectivament i valors mitjans de temperatura de 21 °C i 24 °C respectivament. Els màxims valors de precipitació s'assoleixen durant els mesos de tardor-hivern, és el cas dels mesos de setembre, octubre, novembre i desembre amb valors mitjans de 44,2 mm, 53,3 mm, 33,5 mm i 51,5 mm respectivament.

Mètode

La cartografia geomorfològica de sa Dragonera s'ha realitzat a partir del treball de camp durant els mesos de gener, febrer i març de l'any 2000. La informació recollida al camp ha estat recolzada per l'anàlisi de les fotografies aèries corresponents amb passades de vols d'anys diferents: 1956, 1973, 1979, 1981 i 1990. La cartografia de base utilitzada al camp ha estat la Cartografia del Govern Balear d'escala 1/5000.

La informació geològica també ha sigut important a partir dels treballs realitzats a la zona per Rodríguez-Perea (1981) conjuntament amb Pomar (1983), Fornós *et al.* (1996) i el mapa geològic del *Instituto Tecnológico Geominero de España* (ITGE) al full d'Andratx (697).

La cartografia utilitzada per a editar el mapa geomorfològic es correspon amb la base topogràfica de la cartografia digital 1/5000 del Govern Balear i ha estat tractada amb el programa Arc View de Esri, amb el que també s'han realitzat el càlcul de morfometria de les principals conques de drenatge. La toponímia reflexada a la cartografia s'ha basat en el treball de Reynés (1996) i amb la toponímia de la cartografia 1/5000 del Govern Balear.

Geomorfologia de l'illa

L'organització dels processos que modelen el terreny de sa Dragonera s'ha realitzat d'acord amb el treball de Rodríguez-Perea i Servera (1993) sobre la geomorfologia de Cabrera. Els processos que contribueixen al modelat de sa Dragonera estan estretament lligats a les característiques fisiogràfiques que ens ofereix l'illa, aquests han sigut agrupats en sis dominis morfogenètics, que són: l'estructural, el gravitacional, el fluvio-torrencial, el marí, el càrstic i l'antròpic.

Domini estructural

L'organització dels materials que constitueixen sa Dragonera condiciona la seva fisonomia i, per tant, els processos de modelat del terreny que es puguin donar. L'illa és una prolongació de cap al SW dels relleus de la Serra de Tramuntana i pertany a la unitat tectònica Teix-Tomir (ITGE, 1991). L'estructura consisteix en un sistema imbricat d'encavalcaments dirigits cap al NW(Fig. 2). Podem diferenciar fins a 3 traces d'encavalcament (Fornós *et al.*, 1996). 1) el que se situa entre Cala Lladó (vessant meridional) i sa Raconada de Cala en Regau (vessant meridional) disposa els materials corresponents a la Unitat Calcarenítica de Sant Elm (Miocè Inferior) sobre els materials de la Unitat Turbidítica de Banyalbufar (estadi superior del Miocè Inferior). 2) El front d'encavalcament que es troba entre es Llisar (vessant meridional) i les immediacions d'es Jaç de sa Truja (vessant septentrional), la major part del seu traçat transcorre al llarg del Torrent de sa Cova, a la part més meridional disposa els materials del Juràssic Inferior dolomític sobre els del Juràssic Inferior calcari, a mesura que ens anem desplaçant cap a la capçalera del Torrent de sa Cova la superposició és sobre els mateixos materials del Juràssic Inferior Dolomític. 3) L'encavalcament que s'estén entre la Cala de s'Art (vessant meridional) i la Punta de sa Coveta (vessant septentrional) disposa els materials del Juràssic Inferior dolomític sobre els del Juràssic Inferior calcari, i el seu traçat entre ambdós punts és sinuós estenent-se al llarg de la carena més meridional de la conca del Torrent de Cala de s'Art, atravessant el Comellar d'es Forn de Calç fins a connectar amb la vessant septentrional del Puig dels Aucells. Aquest front d'encavalcament dona lloc a importants penya-segats de rang mitjà a les carenes de les dues conques que atravessa i a penya-segats amb altures superiors als 100 m al seu contacte amb la vessant septentrional de l'illa.

La fracturació en forma de falles segons Fornós *et al.* (1996) es pot observar a la vessant

nord-oriental del Puig des Far Vell (Fig. 2) entre els materials corresponents al Juràssic Mig i Superior amb els del Juràssic inferior Calcari. Es tracta d'una fracturació anterior a la formació dels encavalcaments, posterior o sincrònica a la deposició dels materials del Juràssic Superior.

La presència de zones espadades està directament relacionat amb l'estructura de l'illa, els penya-segats s'han agrupat en torn a quatre grans grups: penya-segats amb altures majors a 100 m, penya-segats amb altures compreses entre 100 i 50 m, penya-segats amb altures compreses entre 20 i 50 m i penya-segats d'altures inferiors als 20 m (Fig. 2). Els penya-segats majors als 100 m d'altura els trobem a la vessant septentrional de l'illa, ocupant més del 90% d'aquest vessant. Els penya-segats d'altures compreses entre 50 i 100 m els trobem principalment als extrems de la vessant occidental de l'illa a les zones d'es Coll Roig i de ses Penyes Rotges (entre Cala des Llebeig i Cala en Bagur). A la vessant septentrional s'alternen amb els penya-segats majors de 100 m a les rodalies del Forat de ses Gambes i es Far Vell degut a l'esglaonament que adquireix en aquella zona el penyal. Els penya-segats entre 20 i 50 m es manifesten a la vessant oriental de l'illa i únicament es troben a les rodalies de la Punta de Sant Elm, a prop de Cala en Bagur. Els penya-segats menors a 20 m es manifesten a diferents indrets al llarg de la vessant meridional, de forma puntual a la vessant meridional del Comellar d'es Forn de Calç i a algunes carenes de la vessant oriental del Puig del Far Vell afectades per l'encavalcament que s'estén des de la cala de s'Art fins a la Punta de sa Coveta.

Domini fluviotorrencial

Les conques de drenatge de sa Dragonera i els seus cursos fluviotorrencials estan estretament lligats amb el fort cabussament cap al SE que presenta l'illa, condicionant que els cursos siguin curts i a la majoria dels casos amb un fort encaixament. Les zones de contacte entre les diferents litologies també condicionen, en certa manera, el traçat i desembocadura dels cursos de les conques que presenten una direccionalitat SW-NE. Es poden identificar fins a un total de 13 conques de drenatge, 5 de les quals tenen un caràcter subsidiari amb un sòl curs torrencial i amb les carenes molt poc marcades. Les 8 conques de drenatge restants són les que tenen una major extensió i un cert desenvolupament en quant a l'organització dels seus cursos torrencials. (Fig. 2). Aquestes són: Conca del Canal de Cala Llebeig, conca del Torrent de ses Fontanelles, conca de Cala en Bagur, conca de Cala Cucó, conca d'es Torrent d'es Garrots, conca d'es Comellar d'es Coll Roig, conca des Comellar de sa Cova i Conca de Cala Lladó.

La **conca del Canal de Llebeig** és la conca més occidental, situada al SW de l'illa amb una extensió de 25,7 ha, compta amb sis cursos torrencials i desemboca a s'Amarador, localitzat al fons de Cala des Llebeig. Es tracta d'una conca de morfologia irregular i el seus cursos es desenvolupen sobre les calcàries del Juràssic Inferior. Aplicant la jerarquia dels cursos fluviotorrencials segons Sthraller (1982), 5 cursos són d'ordre 1 i el curs restant d'ordre 2 té una extensió de 496,71 m, el desnivell total de la conca és de 340 m i la longitud total dels cursos és de 1.271,39 m.

La **conca del Torrent de ses Fontanelles** es troba unida a l'anterior pel seu extrem occidental, es situa al SW de l'illa. Els cursos es desenvolupen, majoritàriament, sobre les calcàries del Juràssic Inferior, excepte a la zona de la desembocadura, en la qual, el canal principal aprofita el contacte entre les calcàries juràssiques i els conglomerats del Burdigalià. La seva extensió és de 18,6 ha, compta amb un total de 4 cursos torrencials, 3 d'ells d'ordre 1 i el restant d'ordre 2 s'estén al llarg d'un recorregut de 412,21 m i desemboca a Ses Fontanelles dins de la Cala des Llebeig. El desnivell total de la conca és de 240 m i la longitud total dels cursos és de 919.82 m de llargària.

La **conca de Cala en Bagur** és una petita conca de drenatge, amb una extensió de 9,7 ha, que es comunica amb la de ses Fontanelles per la seva part W. L'únic curs de la conca es desenvolupa sobre el contacte entre les dolomies del Juràssic Inferior i els conglomerats del Burdigalià. El curs té una llargària de 323,37 m i el desnivell total de la conca és de 220 m.

La **conca de Cala en Cucó** és la conca de drenatge de major superfície, amb una extensió

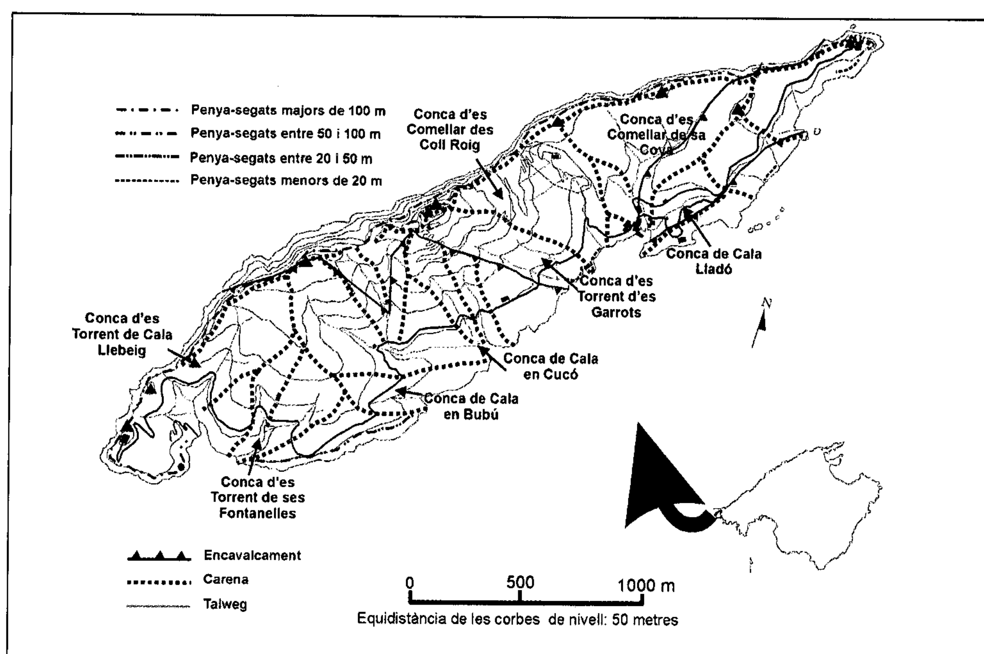


Fig. 2. Representació dels dominis fluvial i estructural.
Fig. 2. *Representation of fluvial and structural domains.*

de 43,2 ha la disposició dels seus cursos és la més dendrificada. Té la particularitat de que està constituïda per dues conques gairebé independents que s'uneixen just a la desembocadura a Cala Cucó. Es poden diferenciar dues parts ben diferenciades, la part meridional que conté la major part dels cursos (5 cursos) i presenten un fort encaixament , el més marcat és el Comellar des Forn de Calç. La part septentrional només presenta un curs que s'uneix just a la desembocadura del curs principal, la carena que individualitza aquest curs es caracteritza per estar molt poc marcada. La major part de la conca es troba sobre les dolomies del Juràssic Inferior, excepte a les rodalies del Puig del Far Vell a on els materials que hi afloren són les calcàries. Dels 6 cursos torrencials que composen la conca 5 són d'ordre 1 i el canal principal d'ordre 2 té una longitud de 932,37 m, la conca presenta un desnivell de 320 m, l'extensió total dels cursos torrencials és de 2377,67 m, essent la conca més dendrificada i amb un major desenvolupament en quant a extensió dels cursos torrencials que hi formen part.

La **conca d'es Torrent d'es Garrots** és una conca estreta situada a la vessant oriental del Puig del Far Vell amb una extensió de 15,5 ha i 3 cursos torrencials, 2 d'ells d'ordre 1 i el curs principal d'ordre 2 que s'estén al llarg de 69,35 m i desemboca a la Cala de s'Art. La totalitat de la conca es troba sobre les calcàries del Juràssic Inferior. Una de les característiques més importants d'aquesta conca és el seu desnivell, 352 m, que coincideix amb la major altura de l'illa, el Puig del Far Vell. La llargària total dels seus cursos és de 981,35 m.

La **conca des Comellar des Coll Roig** té una extensió de 24,3 ha, a la seva part central es troba l'extensió de sòl de conreu més gran de tota l'illa conegut amb el nom d'Es Tancat. La major part dels materials sobre els que es troba la conca són les calcàries del Juràssic Inferior, a la part sudoccidental afloren les calcàries corresponents al Juràssic Mig i Superior. Té 4 cursos torrencials

i dos d'ells baixen de la vessant septentrional del Puig del Far Vell, el canal principal, d'ordre 2, té una llargària de 376,95 m. La conca presenta un desnivell de 300 m i la llargària total dels seus cursos és de 1.234,48 m. La desembocadura del canal principal és a una raconada de petites dimensions situada a uns 300 m al sud de Cala Lladó.

La **conca d'es Comellar de sa Cova**, és una conca amb una xarxa de drenatge considerable amb 5 cursos torrencials, 4 d'ordre 1 i el restant, d'ordre 2, té una longitud de 518 m. La longitud total dels cursos torrencials és de 1724 m. La seva extensió és de 35,11 ha i el desnivell és de 140 m. El canal principal, el Torrent de la Cova, desemboca a Cala Lladó devora de les cases. La conca es localitza sobre les calcàries (a la part sudoccidental) i dolomies (a la parat nordoriental) del Juràssic Inferior. El darrer tram del curs principal es desenvolupa sobre el contacte d'ambdues litologies.

La **conca de Cala Lladó** és una petita conca de drenatge amb una extensió de 7,2 ha, el seu únic curs té una llargària de 338,10 m i s'insereix dins d'una vall, formada pels conglomerats i margues del Burdigalià i dolomies del Juràssic Inferior. Al fons de la vall es localitzen sòls conreables avui en dia coberts per pins. Es tracta d'una vall suau sense grans vessants i carenes de baixa altura amb un discret desnivell no superior als 70 m.

Les zones on s'observa un rebliment quaternari solen estar situades al fons de les principals valls on hi ha hagut un procés de deposició de materials d'origen col.luvial i torrencial. Aquests dipòsits es troben a les zones que en temps històrics s'han emprat per als cultius de secà. Es tracta de les zones anomenades Es Tancat, al peu de la vessant septentrional del Far Vell, el fons de la vall d'es Torrent de sa Cova i de la conca de Cala Lladó així com a les rodalies de sa Cova de sa Gravera i del Collet de Tramuntana. Altres zones on apareixen petits redols, d'ordre decamètric, d'un rebliment molt parescut, és als petits canals poc marcats tal i com ocorre a les rodalies del Cap de Tramuntana, i a altres indrets amb valls més marcades com és el cas dels tàlvegs que conformen el canal de Cala Llebeig i de la conca de Ses Fontanelles.

Domini gravitacional

Els processos gravitacionals vénen determinats per l'elevada pendent existent a gran part de la vessant oriental de l'illa i per la presència de costes espadades. Els principals processos gravitacionals identificats a l'illa de sa Dragonera tenen lloc a les vessants més inclinades i als penya-segats marins, aquests són: esllavissament de blocs i caiguda de blocs, que donen lloc a rossegueres (Fig. 3).

Les esllavissades de blocs tenen lloc a les zones de la vessant oriental de l'illa que presenten una major pendent. Els fenòmens d'esllavissament de blocs els trobem arreu d'aquesta vessant; els més importants els trobem a les vessants meridional, oriental i septentrional del Puig del Far Vell, a les parts baixes de les vessants de la conca de s'Amarador i de ses Fontanelles, a les vessants de la conca de Cala en Bagur, a les vessants septentrional i meridional del Puig des Aucells i a la major part de la conca de Cala Cucó. La presència de processos d'esllavissaments a la meitat septentrional de l'illa és més escàs i es localitzen de forma puntual. L'estat de conservació dels murs de contenció de la carretera PM - 120 i del camí del Far Vell, influeix sobre aquests tipus de processos a partir del lliurament de blocs a les zones on els murs es troben en un pitjor estat de conservació.

Els fenòmens de caiguda de blocs més importants es manifesten als penya-segats marins, les acumulacions de blocs al peu d'aquests solen tenir un aspecte relicte. Les caigudes de blocs que tenen lloc als penya-segats més petits, menors de 20 m, situats a la vessant oriental de l'illa, solen ocórrer als indrets on afloren els conglomerats de la Unitat Calcarenítica de Sant Elm a es Castellassets, Cala Lladó, sa Miranda, a la Raconada de Cala en Regau i a Cala en Regau. Durant la primavera de l'any 2002 va tenir lloc un esbaldregament a la zona d'en Catapà, els 43 mm de precipitació durant el mes de març (20 mm per damunt de la mitjana de precipitació d'aquest mes) lligat als 494 mm ploguts durant l'any 2001, poden haver estat uns dels detonants d'aquest moviment de masses.

Les rossegueres són presents a les vessants septentrional, oriental i meridional del Puig del Far Vell i a la vessant septentrional del Puig des

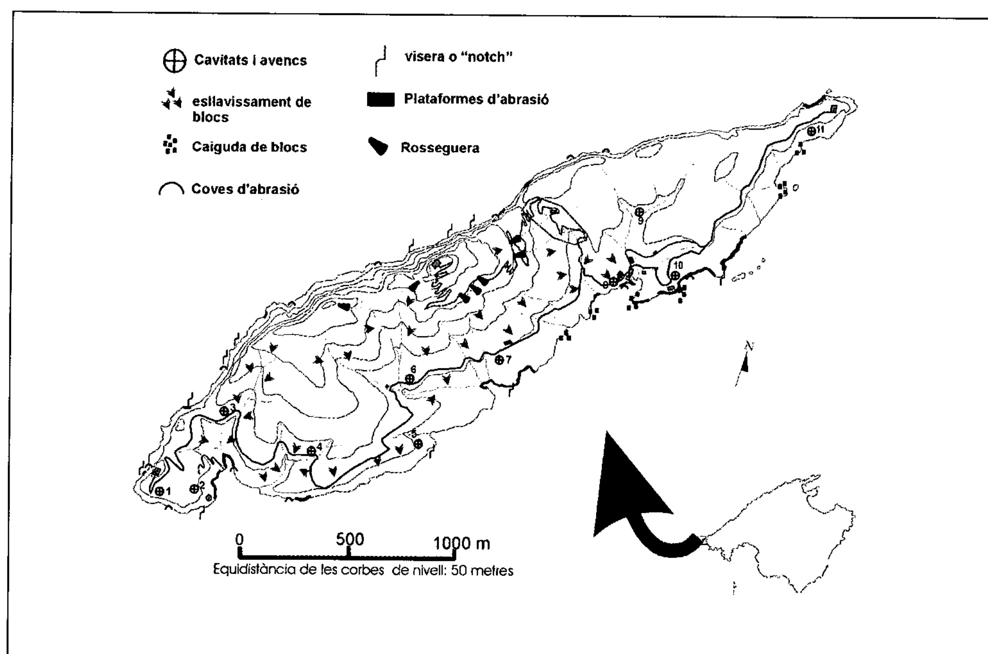


Fig. 3. Representació dels dominis gravitacionals càrstic i marí. 1.- Avenc d'es Far; 2.- Avenc de sa Talaia; 3.- Forat d'es camí; 4.- Cova de sa Cantera; 5.- Balma de Cala en Bagur; 6.- Cova de s'Ase; 7.- Cova de l'Infern; 8.- Cova de ses Gambes; 9.- Cova d'es Moro o de sa Font; 10.- Cova de sa Gravera; 11.- Cova de Cala en Regau.
Fig. 3. Representation of gravitational, karstic and marine domains. 1.- Avenc d'es Far; 2.- Avenc de sa Talaia; 3.- Forat d'es camí; 4.- Cova de sa Cantera; 5.- Balma de Cala en Bagur; 6.- Cova de s'Ase; 7.- Cova de l'Infern; 8.- Cova de ses Gambes; 9.- Cova d'es Moro o de sa Font; 10.- Cova de sa Gravera; 11.- Cova de Cala en Regau.

Aucells. Presenten una morfologia allargada, totes elles es troben a cotes elevades i a la seva part més distal solen estar associades a un tàlveg a l'hora que els seus blocs intervenen de forma activa en els processos d'esllavissament de roques al llarg de la vessant.

Domini càrstic

La naturalesa calcària de l'illa permet el desenvolupament del modelat càrstic. Les principals manifestacions exocàrstiques les trobem als indrets marcats com a camps de rascler; es corresponen amb zones de superficies molts abruptes localitzats a zones amb relleus enèrgics i es caracteritzen per la poca cobertura vegetal i edàfica (Ginés, 1998) . Els principals camps de rascler de sa Dragonera els trobem a les carenes o crestes més prominents i a les zones més elevades, és el cas de les rodalies del Fars de Tramuntana, i de Llebeig, Puig Es Més Alt, a la part superior de les vessants nordoccidental, occidental i meridional del Puig d'es Far Vell i a la carena meridional del Comellar d'es Forn de Calç. Les morfologies que es poden observar a aquests indrets són de tipus exocàrstic i de carst exhumat (criptolapiaz) típiques dels camps de rascler ubicats entre els 0 i els 200 m (Ginés, 1998). D'acord amb el mapa de vegetació de sa Dragonera (Alomar, 1996) aquestes zones coincideixen amb la comunitat *Phagnalo-Asplenietum petrarchae* constituïda per vegetació fissurícola i a les cotes més baixes s'alterna amb la comunitat *Anthyllido-Teucrietum majorici.* Els afloraments situats a les cotes més elevades conformen a l'hora una font d'alimentació de blocs i còdols per als processos d'esllavissament

degut a la condició de tenir una major exposició als agents externs.

Les balmes de sa Dragonera, han estat identificades a partir de la definició de Ribas (1997) com a cavitat no gaire pregona en una paret de roca o vessant rocallós en la qual penetra la claror. Les balmes identificades es troben a la vessant sudoriental del Puig del Far Vell a les proximitats de les crestes de carenes amb pendents significatives i a la cara del penya-segat que configura tota la vessant septentrional de l'illa. Les balmes descrites responen a un desenvolupament d'una o vàries diaclasses i solen presentar morfologies espeleogenètiques pròpies d'ambients endocàrstics. Actualment, la majoria d'elles es troben controlades pels agents externs.

Els avencs i cavitats també es desenvolupen dins de la litologia calcària de l'illa. Ginés (1971) ofereix una catalogació de les cavitats més significatives, aquestes es caracteritzen per presentar un elevat desenvolupament vertical. Els principals avencs i cavitats localitzats a la cartografia geomorfològica (Fig. 3) són, de SW a NE, a partir dels treballs de Ginés (1971) i Trias et al. (1979): Avenc des Far (440,33; 4,380, 83 UTM), Avenc de sa Talaia (440,49; 4,380,80 UTM), Forat des Camí (440,59; 4,381,24 UTM), Cova de sa Cantera (441,10; 4,381,21 UTM)Balma de Cala en Bagur (441,607; 4,381,36 UTM), Cova de s'Ase (441,21; 4,381,77 UTM), Cova de l'infern (441,46; 4,381,64 UTM), la Cova de ses Gambes (442,35; 4,382,42 UTM), la Cova des Moro o de sa Font (442,38; 4,382,69 UTM), la Cova de sa Gravera (442,65; 4,382,47 UTM) i la Cova de Cala en Regau (443,12; 4,383,38 UTM).

Domini litoral

Al llarg dels 11.500 m de perímetre costaner, la influència dels processos marins es fa patent a sa Dragonera. Les costes d'acumulació estan representades per les platges de còdols situades al fons de cales, els principals exemples dels quals els tenim a Cala Lladó i a Cala Cucó. El desenvolupament, a nivell de la mar, de plataformes biogèniques o tenasses a la base dels penya-segats es pot observar a gran part de la vessant septentrional i a la base dels penya-segats més alts de la vessant meridional. La presència de dues vessants prou diferenciades també té les seves connotacions en el tipus de costa. La línia de costa de la vessant septentrional és lineal i espadada amb un fort condicionament per l'estructura assolint altures majors a 300 m a les rodalies del Far Vell i del Puig d'es Aucells, donant lloc a penya-segats profunds (Servera, 2000). La costa meridional es constitueix d'espadats d'altures més moderades i costes baixes, al mateix temps que es presenta amb una major articulació.

Les cales, des del punt de vista toponímic, que trobem a l'illa es localitzen a la vessant meridional: Cala Cucó, Cala en Bagur, Cala des Llebeig i Cala Lladó, són les que presenten unes dimensions més notables. La resta es poden classificar com a raconades o calons, és el cas de sa Jonquereta, Cala de s'Art, Raconada de Cala en Regau i Cala en Regau, on la llargària de la cala amb prou feines arriba a superar l'amplada de la seva boca i per tant poder ésser identificades com a cales (Rosselló, 1995). A la morfogènesi de les cales de sa Dragonera intervenen activament els condicionants litològic-estructurals i fluviotorrencials. Entre les cales i raconades controlades pels factors litològic-estructurals destaquen Cala Lladó i la Raconada de Cala en Regau que s'han desenvolupat a l'encavalcament entre els conglomerats del Miocè Inferior de la Unitat calcarenítica de Sant Elm, dolomies del Juràssic Inferior i els materials més tous corresponents a la Unitat Turbidítica de Banyalbufar. En aquests casos la component litològica-estructural és la que té una major importància, deixant en un segon pla el modelat que hagin pogut oferir els cursos que desemboquen dins d'aquestes cales. Un altre exemple de desenvolupament d'una cala a partir de la presència d'un encavalcament és el de Cala de s'Art. En aquest cas es tracta del contacte entre les dolomies i les calcàries del Juràssic Inferior, els tres cursos amb els que compta la seva conca de drenatge segurament hauran intervingut a la seva morfologia únicament en qualitat de retocs. Cal també assenyalar el casos de Cala en Regau i Cala en Bagur que s'han format a la zona de contacte entre les dolomies del Juràssic Inferior i els conglomerats del Miocè Inferior. La presència d'un sòl curs fluvial

a Cala en Bagur indica que els factors litològic-estructurals dominen sobre els fluviotorrencials. La raconada localitzada al Sud del promontori d'es Castellassets i el caló situat a la desembocadura del Torrent de ses Fontanelles també es desenvolupen sobre el contacte entre les calcàries del Juràssic Inferior i els conglomerats del Miocè Inferior. En el segon cas la influència fluviotorrencial pren un paper important a la morfogenesi de la cala donat que les conca de drenatge associada (Torrent de ses Fontanelles) a aquest caló adquireix unes dimensions considerables. Cala Cucó, retallada dins dels materials corresponents al Juràssic Inferior dolomític, té la major conca hidrogràfica de l'illa. El fort encaixament dels seus cursos està condicionat per la combinació entre l'encavalcament de la vessant sud-oriental del Puig del Far Vell i els processos fluviotorrencials. La coincidència del traçat meandriforme de la part baixa del curs principal i la morfologia de la cala pot delatar l'existència de línies de menor resistència com a testimoni de que el factor litològic-estructural juga un paper significatiu en el modelat de la cala.

Les plataformes litorals o d'abrasió enteses com a extensions subhoritzontals per damunt del nivell de la mar, individualitzades de les terrasses costeres per un esglaó amb una altura compresa entre 1 i 2 m (Rodríguez-Perea i Servera, 1993) també es manifesten a sa Dragonera (Fig. 3). Els exemples més significatius els trobem a la costa sud-oriental a la zona d'influència de l'esprai marí i que durant els episodis de tempestes passen a ésser zones de batuda de les ones. Els processos de meteorització per sals, dissolució i d'alliberament o dislocació de fragments de roca tenen una manifestació freqüent, donant lloc a indrets caracteritzats per les morfologies pròpies de rascler litoral i una elevada alveolitat de la superfície (Moses i Smith, 1994; Goudie i Viles, 1995; Bland i Rolls, 1998). Les plataformes d'abrasió localitzades a sa Dragonera són de tipus subestructural (Rodríguez-Perea i Servera, 1993; Trenhaile, 1987), i amb una elevada pendent. Les principals manifestacions les trobem als trams entre na Miranda i Cala Lladó, sa Jonquereta i cala Cucó, al fons de cala en Bagur i al fons i a la part meridional de la Cala des Llebeig.

Les coves d'abrasió marines són una altra manifestació de la influència dels processos marins sobre la costa de sa Dragonera. Les coves d'abrasió marines les trobem al llarg de tota la línia de costa. El casos més significatius els trobem a la Cova de na Pòpia localitzada a la vessant septentrional, la cova del Vell Marí a l'entrada del moll de Cala Lladó i la Cova dels Jueus localitzat a sa Miranda, la gènesi de les quals pareix respondre a una captura càrstic-marina. Cal destacar la presència de coves marines al peu de la vessant septentrional, formades a partir del diaclassament vertical que afecta a tot aquell tram de costa.

Domini antròpic

Les accions antròpiques han tingut i de fet tenen una influència significativa sobre la modificació dels processos que hem esmentat anteriorment. La construcció dels tres fars a partir de mitjans segle XIX, Far Vell (1850), de Llebeig (1903) i de Tramuntana (1905) varen dur associada la construcció del "camí del Far Vell" i de la carretera PM-120, llur finalitat era la de comunicar els fars amb el moll de Cala Lladó. L'estat de conservació del ferm i dels talussos dels camins pot modificar el comportament de les vessants ja que els lòbuls de blocs formats al peu dels talussos degradats poden donar lloc a esllavissaments vessant avall. L'explotació forestal és una altra activitat que s'ha dut a terme a sa Dragonera fins ben entrat el segle XX, la tala de pins ha estat comuna al llarg de la història, però va ésser especialment més intensa a partir de 1941 quan l'adquirí D. Joan Flexas Pujol que va dur a terme una intensa tala de pins a fi d'amortitzar la compra de l'illa (Estelrich *et al.*, 1996). Amb el procés de desforestació la pèrdua de sòls i la inestabilitat de les vessants en surten reforçats.

Conclusions

De l'estudi geomorfològic de sa Dragonera podem extreure que els processos morfodinàmics que es manifesten tenen un fort condicionament estructural. El domini estructural és el que

predomina i a l'hora condiciona tots els demés dominis morfogenètics. L'illa està organitzada a partir d'encavalcaments amb una direccionalitat SW - NE de la mateixa manera que ocorre a tota la regió que l'enrevolta, aquesta organització dóna lloc a la presència de grans pendents i grans penya-segats que determinaran la manifestació dels altres dominis. L'aspecte de "rampa" cabussant cap el SE que ofereix l'illa condiciona les característiques de les seves dues principals vessants alhora que les individualitza. La vessant septentrional es caracteritza per estar conformada per grans penya-segats i una línia de costa poc retallada. Els processos morfodinàmics que l'afecten és limiten als fenòmens gravitacionals i als processos marins a la seva base. La vessant meridional es caracteritza per presentar una costa més articulada i és allà on es manifesten els demés processos.

El gran desnivell present a la major part de l'illa juntament amb les condicions climàtiques i la influència dels processos marins, possibilita el desencadenament dels processos gravitacionals d'esllavissament i caiguda de roques.

Els cursos dels torrents estan fortament condicionats per les grans altures assolides a la vessant septentrional (352 m al Puig del Far Vell i 312 m al puig dels Aucells) que passen a la cota 0 m a la vessant meridional en no més de 600 m de longitud, el que condiciona el fort encaixament i el baix desenvolupament longitudinal dels cursos principals. Les xarxes torrencials més importants tenen un escàs desenvolupament amb ordres mai superiors a 2. Aquestes estan limitades pel curt recorregut dels seus cursos, per l'elevada pendent i pel fort encaixament de les seves valls on és freqüent la manifestació de processos d'esllavissament de blocs i la presència de rossegueres a la capçalera dels cursos torrencials de les vessants del Puig del far Vell i Puig d'es Aucells.

La localització de les principals cales i entrats més importants està regida per la presència d'encavalcaments i per les zones de contacte entre els diferents materials. Els processos marins retoquen les costes de l'illa donant lloc a plataformes i coves d'abrasió i costes d'acumulació en forma de platges de graves i blocs al fons de les cales.

Els processos de dissolució càrstica tenen una especial rellevància a les zones elevades de l'illa caracteritzades per l'absència de cobertera edàfica i vegetal. La pèrdua de sols degut a la desforestació i a l'elevada pendent dona lloc a l'exhumació de les morfologies de criptolapiaz. Els processos endocàrstics es desenvolupen sobre les calcàries liàsiques, i la major part de les cavitats i avencs tenen un marcat desenvolupament vertical, degut a l'elevat cabussament dels materials, condicionats per la seva disposició estructural (Ginés, 1971; Fornós *et al.*, 1996).

La presència de l'home a sa Dragonera ha influït sobre alguns dels processos, els camins del Far Vell i sobretot de la carretera PM 120, que enllaça el moll de Cala Lladó amb els fars de Tramuntana i Llebeig , divideixen les vessants, a l'hora que la degradació dels seus talussos donen lloc a la desencadenació de nous processos d'esllavissament i col·lapse.

Agraïments

Aquest treball s'ha realitzat a partir de l'obtenció del 2on premi de les beques d'investigació de sa Dragonera 2000 de la Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears. L'autor gaudeix d'una beca FPI de la Conselleria d'Innovació i Energia del Govern de les Illes Balears.

Bibliografia

Alomar, G. 1996. Vegetació de sa Dragonera. *In:* Consell Insular de Mallorca. Fodesma (Ed.) Sa Dragonera Parc Natural. 26-41.

Bland, W. i Rolls, D. 1998. *Weathering, an introduction to the scientific principles.* Edited by Arnold, London, UK. 271 pp.

Estelrich, J., Ordinas, G. i Reynés, A. 1996. Història de sa Dragonera. *In:* Consell Insular de Mallorca. Fodesma (Ed.) Sa Dragonera Parc Natural. 89-102.

Fornós, J.J., Gelabert, B. i Rodríguez-Perea, A. 1996. Geologia de sa Dragonera *In:* Consell Insular de Mallorca. Fodesma (Ed.) Sa Dragonera Parc Natural. 17-21.

Ginés, A. 1971. Cavidades de la Isla Dragonera. *Speleon*, 18: 37-42.

Ginés, A. 1998. L'exocarst de la Serra de Tramuntana de Mallorca. *In:* Fornós J.J. Ed. *Aspectes Geològics de les Balears:* 361-390. UIB Palma de Mallorca.

Goudie, A. i Viles, H.A.1995. The nature and pattern of debris liberation by salt weathering: A laboratory study. *Earth surface processes and landforms*, 20: 437-449.

Guijarro, J.A. 1986. *Contribución a la bioclimatología de las Baleares.* Tesi Doctoral. Universitat de les Illes Balears.

Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) 1991. Mapa Geológico de España escala 1/50.000 Hoja 697 Andratx. Ed. Instituto Tecnológico Geomonero de España. Madrid.

Kuipers, H. 1982. Processes in physical soil degradation in mechanised agriculture. *In:* Boels, D., Davies, D.B. i Johnston, A.E. (Eds.) Soil Degradation 7-19. Rotterdam.

Moses, C.A. i Smith, B.J. 1994. Limestone weathering in supra-tidal zone: An example from Mallorca. *In:* D.A.Robinson and R.D.G.Williams, (Ed.) *Rock weathering and landforms evolution.* 433-451. John Wiley & sons.

Reynés, A. 1996. Cartografia i Toponímia de sa Dragonera. *In:* Consell Insular de Mallorca. Fodesma (Ed.) Sa Dragonera Parc Natural. 103-108.

Ribas, O. 1997. *Diccionari de geologia.* Institut d'Estudis Catalans - Enciclopèdia Catalana S.A. Eds. Barcelona. 1407 pp.

Rice, R. J. 1983. *Fundamentos de geomorfología.* Ed. Paraninfo. Madrid.

Rodríguez-Perea, A. i Pomar, L. 1983. El Mioceno de la Sierra Norte de Mallorca (Sector centro-occidental). *Acta Geológica Hispánica* 18: 105-116.

Rodríguez-Perea, A. 1981. *Estudio sedimentológico del Mioceno Basal transgresivo de la Sierra Norte de Mallorca (Sector centro-ocidental).* Tesi Llicenciatura. Universitat de Barcelona.

Rodríguez-Perea, A. i Servera, J. 1993. Geomorfologia de l'arxipèlag de Cabrera. *In:* Alcover, J.A., Balesteros, E. i Fornós, J.J. (Eds.) Història Natural de l'arxipèlag de Cabrera. 33-60. CSIC - Societat d'Història Natural de les Balears. Palma de Mallorca.

Rosselló, V.M. 1995. Les Cales, epònim de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 38: 167-180.

Servera, J. 2000. Geomorfologia del litoral de les Illes Balears. *In:* Grup Balear d'Ornitologia i defensa de la natura, G.O.B. (Ed.). *Posidònia.* 1: 27-66. Palma de Mallorca.

Strahler, A.N. 1982. *Geografía Física.* Ediciones Omega. Barcelona.

Trenhaile, A.S. 1987. *The geomorphology of rock coasts.* Clarendon press. Oxford.

Trias, M., Payeras, C. i Ginés, J. 1979. Inventari espeleològic de les Balears. *Endins*, 5: 89-108.